

**TIINEYSAJAN PITUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT  
LIHAKARJALLA**

Anna-Katri Laakkonen  
Maisterintutkielma  
Helsingin yliopisto  
Maataloustieteiden osasto  
Kotieläinten jalostustiede  
Marraskuu 2020

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Osasto — Sektion — Department	
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Maataloustieteiden osasto	
Tekijä — Författare — Author			
Anna-Katri Laakkonen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title			
Tiineysajan pituuteen vaikuttavat tekijät lihakarjalla			
Oppiaine — Läroämne — Subject			
Kotieläinten jalostustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level	Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages	
Maisterintutkielma	Marraskuu 2020	27	
<p>Tiivistelmä – Referent - Abstract</p> <p>Naudanlihantuotannon kannalta eläinten onnistunut lisääntyminen on merkittävässä roolissa. Naudan tiineyden pituus on noin 9 kuukautta, mutta siinä esiintyy rotujen välistä vaihtelua. Liharotujen tiineydet ovat lypsyrötuja pidempiä. Tiineysajan pituus on yhteydessä poikimavaikeuksien kanssa. Tässä tutkimuksessa tutkittiin lihakarjan tiineysajan pituuteen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksen aineisto saatiin Faba osuuskunnalta. Tarkoituksena oli laskea fenotyyppiset tiineysajanpituudet charolaiselle ja herefordille, sekä näiden risteytyksille yleisimpien Suomessa käytettyjen lihakarjarotujen kanssa. Tutkimuksessa laskettiin perinnölliset tunnusluvut puhtaille charolais- ja herefordroduille tiineysajan pituuden suhteen.</p> <p>Charolais- ja herefordroduista aineistona käytettiin 2009-2018 syntyneiden vasikoiden tietoja. Herefordrotuisia vasikoita oli aineistossa 2883 ja charolaisrotuisia vasikoita 3370 kappaletta. Aineistoon hyväksyttiin lopulta mukaan vain tiineydet, jotka olivat saaneet alkunsa keinosiemennyksestä ja olivat pituudeltaan 165-305 päivää. Varianssikomponenttianalyysissä käytettiin kahta erilaista mallia, joista toisessa oli mukana vain vasikan suora geneettinen vaikutus ja toisessa huomioitiin myös maternaalinen vaikutus. Kiinteinä tekijöinä malleissa olivat: vasikan sukupuoli, tiineydestä syntyneiden vasikoiden lukumäärä, poikimakausi, karja-vuosi ja poikimakerta-ikä. Kaikki kiinteät tekijät olivat tilastollisesti merkitseviä.</p> <p>Tulosten perusteella rotujen välillä esiintyy fenotyyppisiä eroja tiineysajan pituuksissa ja raskaammat liharodut periyttävät pidempää tiineyttä. Mallissa, jossa oli mukana vain vasikan suora geneettinen vaikutus, saatiin melko korkeat tiineysajan periytymisasteet, mutta maternaalimallissa suora geneettinen periytymisaste oli matalampi ja maternaalinen periytymisaste sitä vastoin hyvin korkea. Nykyinen aineisto ei sopinut hyvin maternaalimallin tunnuslukujen arviointiin, joten tuloksiin tulee suhtautua varauksella.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords			
Tiineysajan pituus Lihakarja Periytymisaste Maternaalimalli			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited			
Maataloustieteiden osasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information			
Työtä ohjasi Jarmo Juga			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Osasto — Sektion — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Anna-Katri Laakkonen			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Factors affecting the gestation length in beef cattle			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal breeding science			
Työn laji — Arbetets art — Level M.Sc. Thesis	Aika — Datum — Month and year November 2020	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 27	
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>In beef production, the successful reproduction of animals plays a significant role. The gestation length in cattle is about 9 months, but there is variability between breeds. Gestation length in beef breeds is longer than in dairy breeds. Gestation length is correlated with calving difficulties. The objective of this study was to investigate factors affecting gestation length in beef cattle. Data was received from Faba co-op. The aim was to calculate the phenotypic gestation lengths for Charolais and Hereford, as well as for their crossbreeds with the most common beef breeds used in Finland. One of the objectives of this study was to calculate heritability estimates for gestation length for pure Charolais and Hereford breeds.</p> <p>Data from Charolais and Hereford calves born in 2009-2018 were used in the analysis. There were 2883 Hereford calves and 3370 Charolais calves in the data. Finally, only pregnancies that had resulted from artificial insemination with the minimum length of 165 and maximum length of 305 days long were included in the analysis. Two different models were used to estimate the variance components, one involving only the direct genetic effect of the calf and the other also considering the maternal effect. Fixed factors in both models included sex of calf, number of calves born, calving season, herd-year, and parity-age. All fixed factors were statistically significant.</p> <p>Based on the results, there were phenotypic differences in gestational lengths between breeds, heavier beef breeds having longer gestations. In the model including only the direct genetic effect of the calf, relatively high heritability estimates were obtained, but in the maternal model the direct heritability was lower, and the maternal heritability was very high. The current data was not well suited for the evaluation of the key figures of the maternal model, so the results should be treated as preliminary.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Gestation length, Beef cattle, Heritability, Maternal effect			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisor: Jarmo Juga			

## Sisällys

<b>LYHENTEET JA SYMBOLIT .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Johdanto.....</b>	<b>6</b>
<b>2 Katsaus kirjallisuuteen .....</b>	<b>7</b>
2.1 Tiineysajan pituuteen vaikuttavat geneettiset tekijät.....	7
2.2 Tiineysajan pituuteen vaikuttavat ympäristötekijät.....	8
<b>3 Tutkimuksen tavoitteet.....</b>	<b>9</b>
<b>4 Aineisto ja menetelmä.....</b>	<b>10</b>
4.1 Aineisto.....	10
4.2 Menetelmät .....	11
4.2.1 Kiinteiden tekijöiden analyysit.....	11
<b>5 Tulokset.....</b>	<b>14</b>
5.1 Tiineysajan pituuden fenotyyppinen vaihtelu.....	14
5.2 Havaintojen keskiarvot eri kiinteiden tekijöiden luokissa.....	16
5.3 Periytymisasteet ja varianssikomponentit .....	18
5.4 Geneettiset korrelaatiot.....	19
5.4 Geneettinen trendi.....	19
<b>6 Tulosten tarkastelu .....</b>	<b>21</b>
6.1 Fenotyyppisten tulosten tarkastelu .....	21
6.2 Periytymisasteiden ja varianssikomponenttien tarkastelu .....	22
6.3 Geneettisten korrelaatioiden tarkastelu .....	23
6.4 Geneettisen trendin tarkastelu .....	23
<b>7 Johtopäätökset.....</b>	<b>24</b>
<b>KIITOKSET .....</b>	<b>25</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>26</b>

## LYHENTEET JA SYMBOLIT

hf = hereford

ch = charolais

$h^2$  = periytymisaste, heritabiliteetti

$\sigma^2$  = varianssi

SD = keskihajonta

SE = keskivirhe

## 1 Johdanto

Kotieläintuotannossa on tärkeää suunnitella ja saada eläintuotanto toimimaan halutulla tavalla mahdollisimman tehokkaasti. Naudanlihan- ja maidontuotannossa eläinten lisääntyminen on merkittävä tekijä tuotannon jatkuvuuden kannalta (Bourdon ja Brinks 1982). Karjanomistajan työtä helpottaa, jos tiineyden pituutta ja naudan poikima-ajankohtaa voidaan ennustaa etukäteen.

Tiineysajan pituus on yhteydessä poikimavaikeuksien ja vasikkakuolleisuuden kanssa (Bourdon ja Brinks 1982). Sekä liian lyhyet, että liian pitkät tiineydet lisäävät kuolleena syntyneiden vasikoiden määrää (Norman ym. 2009). On todettu, että valitsemalla siitokseen sonneja, jotka periyttävät lyhyempää tiineysaikaa voitaisiin merkittävästi ehkäistä vasikoiden kuolleisuutta ja poikimavaikeuksia (Nogalski ja Piwczynski 2012). Tiineysajan pituus on mielenkiintoinen ominaisuus, sillä siihen vaikuttavat sekä emän, että vasikan genotyypit (Kirkpatrick 1999).

Tämän tutkimuksen kohteena oli lihakarjan tiineysajan pituus. Eri rotujen välillä esiintyy vaihtelua tiineysajan pituuksissa, joten tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kahta ominaisuuksiltaan hieman erilaista liharotua: charolaista ja herefordia. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää myös, kuinka käyttökelpoisia suomalaisista lihakarjapopulaatioista kerätyt aineistot ovat tiineysajan pituuden arvioinnissa. Suomalaisesta lihakarja-aineistosta ei ole aiemmin laskettu tiineysajan pituuden perinnöllisiä tunnuslukuja.

## 2 Katsaus kirjallisuuteen

Naudan tiineysajalla tarkoitetaan aikaa tiinehtymisestä poikimiseen (Crews 2006, Norman ym. 2009). Tiineysajan pituus kuuluu hedelmällisyysominaisuuksiin (Nogalski ja Piwczynski 2012). Naudalla tiineysajan pituus on  $280 \pm 10$  päivää. Lihakarjalla tiineyksien on havaittu kestävän muutaman päivän pidempään kuin lypsykarjalla. Tiineysajan pituudessa on havaittu rotujen välistä vaihtelua ja useiden ympäristöstä johtuvien tekijöiden on todettu vaikuttavan siihen.

Norman ym. (2009) totesivat tiineysajan pituuden tutkimisen olevan tärkeää, jotta viljelijät voivat suunnitella yksittäisen eläimen hoitoa. Lypsykarjalla tiineysajan pituuden arviointi on tärkeää, jotta voidaan suunnitella ummessaolokauden pituus, hyvä fyysinen kunto poikimista varten sekä varmistaa maidontuotannon uudelleen alkaminen (Knott 1932). Wray ym. (1987) totesivat tutkimuksessaan, että jotkut tuottajat ovat kiinnostuneita lyhentämään naudan tiineysaikaa, jotta poikimisen jälkeinen aika ennen uutta tiineyttä saadaan pidemmäksi. Näin nauta ehtii toipua ennen kiimaa ja on todennäköisempää, että se tiinehtyy.

Pidempi tiineysaika voi lisätä syntyvän vasikan painoa ja näin lisätä ongelmia poikimisen yhteydessä (Wray ym. 1987, Crews 2006, Fouz ym. 2012). Usein tiineysajan pituutta onkin tutkittu yhdessä muiden hedelmällisyysominaisuuksien, kuten poikimavaikkeuksien ja kuolleena syntyneiden vasikoiden määrien kanssa (Nogalski ja Piwczynski 2012). Poikimavaikkeudet aiheuttavat taloudellisia tappioita karjanomistajille (Crews 2006, Mujibi ja Crews 2009). Monet tuottajat valitsevatkin sonneja sen mukaan, etteivät ne periittäisi poikimavaikkeuksia, joihin myös tiineysajan pituudella voi olla vaikutusta. Tällöin kannattaa valita sonneja, jotka periittävät lyhempää tiineysaikaa (Bourdon ja Brinks 1982, Wray ym. 1987).

### 2.1 Tiineysajan pituuteen vaikuttavat geneettiset tekijät

Sekä vasikan, että emän genotyyppi vaikuttaa tiineyden pituuteen (Kirkpatrick 1999). Tiineysajan pituuden periytymisen on havaittu olevan kohtalaisen suurta (Wray ym. 1987). Isältä perityt ominaisuudet vaikuttavat eniten tiineyden pituuteen (Andersen ja Plum 1965, Haile-Mariam ja Pryce 2019). Isältä perittyjen tiineysaikaan vaikuttavien geenien periytymisaste on noin 0.4 (Haile-Mariam ja Pryce 2019). Näiden

ominaisuuksien periytyminen vaikuttaa siis olevan melko suurta, joten niihin on myös mahdollista vaikuttaa jalostuksella (Haile-Mariam ja Pryce 2019). Maternaalisten tekijöiden periytyvyys on melko pieni. Niiden periytyvyysaste on vain 0,05-0,10 (Haile-Mariam ja Pryce 2019). Bourdonin ja Brinksin (1982) mukaan emän vaikutus tiineysajan pituuteen on noin 10 %. Crews (2006) totesi maternaalisilla tekijöillä olevan vaikutusta fenotyyppiseen tiineysajan pituuden vaihteluun, mutta vähemmän kuin suorilla geneettisillä tekijöillä.

Useissa tutkimuksissa on havaittu rodun vaikuttavan tiineysajan pituuteen (Andersen ja Plum 1965, King ym. 1985, Norman ym. 2009, Casas ym. 2012). Aiemmin on havaittu erityisesti sikiön rodun vaikuttavan eniten tiineysajan pituuteen (King ym. 1985). Puhtaiden lypsyrotuisten jälkeläisten tiineyksien on todettu olevan lyhempiä kuin puhtaiden liharotuisten (Kirkpatrick 1999). Kirkpatrickin (1999) mukaan myös risteytyksissä liharodun käyttö pidentää tiineyttä. Esimerkiksi holsteinilla siemennettyjen herefordlehmien tiineyksien pituus oli 282 päivää ja jerseyllä siemennettyjen tiineyksien 282,9 päivää, kun taas charolaisella siemennetyn tiineyden pituus oli keskimäärin 287 päivää ja herefordilla siemennetyn tiineyden 286,3 päivää (Kirkpatrick 1999).

## **2.2 Tiineysajan pituuteen vaikuttavat ympäristötekijät**

Geneettisten tekijöiden lisäksi on olemassa ympäristöstä riippuvia tekijöitä, jotka vaikuttavat tiineysajan pituuteen (Andersen ja Plum 1965).

Ikäämmillä ja useamman kerran poikineilla lehmillä tiineyksien on todettu olevan pidempiä (Andersen ja Plum 1965, King ym. 1985, Wray ym. 1987). Kirkpatrick (1999) totesi vanhempien lehmien tiineyksien olevan 1-2 päivää pidempiä kuin hiehoilla.

Useissa tutkimuksissa on todettu tiineyden, josta syntyy sonnivasikka, kestävän pidempään kuin tiineyden, josta syntyy lehmävasikka (Andersen ja Plum 1965, Crews ym. 2006, Norman ym. 2009). Eron tiineyksien pituuden välillä on tutkittu olevan 1-2 päivää (Wray ym. 1987, Kirkpatrick 1999).

Naudan poikima-ajankohdalla on todettu olevan vaikutusta tiineysajan pituuteen. Tutkimusten mukaan talvella poikivien nautojen tiineydet kestävät pidempään (Andersen ja Plum 1965). Tiineysajan pituudella onkin lihakarjalla merkitystä, koska naudat



yritetään saada poikimaan tietyllä ajanjaksolla samaan aikaan. Lihakarjalla poikimakausi on keväällä tai syksyllä. Suomessa on yleisempää, että emolehmiä ovat kevätpoikivia, koska tällöin emolehmiä voidaan laiduntaa vasikoidensa kanssa, mikä helpottaa siinä, ettei tuotantorakennusten tarvitse olla niin suuria kuin, jos vasikat olisivat sisätiloissa emiensä kanssa. Kevätpoikivan karjan poikimakausi pyritään ajoittamaan maaliskuuhuhtikuulle ja se kestää 6-8 viikkoa.

Kaksostiineyksien on tutkittu olevan lyhempiä kuin tiineyksien, joista syntyy yksi vasikka (Echternkamp ja Gregory 1999, Norman ym. 2009). Echternkamp ym. (2007) tutkivat kaksostiineyden vaikutusta tiineyden pituuteen ja havaitsivat kaksostiineyksien olevan 5,7 päivää lyhyempiä. Knott (1932) arvioi kaksostiineyden lyhentävän tiineyden pituutta neljällä päivällä.

Lihakarjan tiineyttämisessä käytettyjä metodeja ovat keinosiemennys, tilasonni ja alkionsiirto. Usein tiloilla käytetään tiineyttämisessä tilasonnia laumassa, mutta tämä hankaloittaa tiineyden alkuajankohdan määrittämistä.

King ym. (1985) totesivat, että alkionsiirtomenetelmällä alkunsa saaneiden tiineyksien pituus oli 282,4 päivää, kun taas keinosiemennysmenetelmällä alkunsa saaneiden tiineyksien pituus oli 280,9 päivää. Tämän eron ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevä ( $P > 0,1$ ). Heidän mukaansa vasikan rodulla, vasikan iällä ja kantajaeläimen iällä oli enemmän vaikutusta tiineyden pituuteen.

### **3 Tutkimuksen tavoitteet**

Tämän maisterintutkielman tavoitteena oli tutkia naudan tiineysajanpituutta lihakarjalla ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tutkimuksessa selvitettiin suomalaisen lihakarja-aineiston soveltuvuutta tiineysajan pituuksien laskentaan. Tutkimuksessa laskettiin fenotyyppiset tiineysajan pituudet hereford- ja charolaisrodulle sekä niiden risteytyksille yleisimpien muiden liharotujen kanssa. Tavoite oli lisäksi laskea perinnölliset tunnusluvut puhtaille hereford- ja charolaisroduille tiineysajan pituuden suhteen.

## 4 Aineisto ja menetelmä

### 4.1 Aineisto

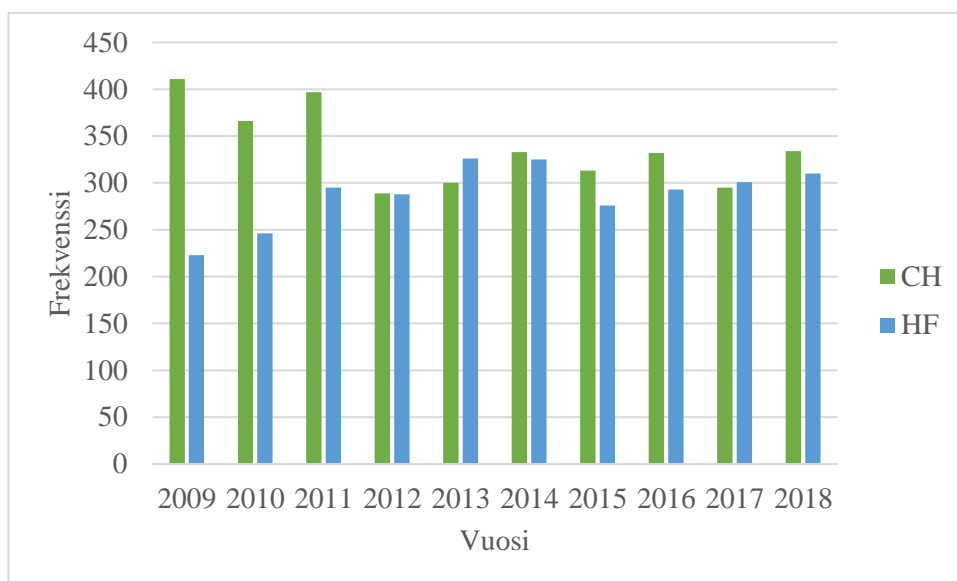
Aineisto saatiin Faba osk:lta. Aineistossa oli aluksi kolme erillistä tiedostoa. Kaikissa kolmessa tiedostossa olevat eläinten id-tiedot vastasivat toisiaan. Eläinten tiedot sisältävässä tiedostossa oli: eläimen syntymäpäivä, syntymäkarja, eläimen rotu, eläimen id, eläimen emän id, eläimen isän id, eläimen sukupuoli, eläimen status, poikimaemä, kuolinpäivämäärä, syntymävuosi ja kastraatiopäivämäärä. Poikimatiedot sisältävässä tiedostossa oli: poikineen eläimen id, poikimisessa syntyneiden vasikoiden määrä, poikimapäivämäärä, tieto poikimisen vaikeudesta, poikimistyyppi, poikimakerta ja vasikan sukupuoli. Siemennystiedot sisältävässä tiedostossa oli: siemennettävän lehmän id, siemennyssonnin id, siemennyspäivämäärä, siemennyskerta ja siemennystyyppi. Siemennysdataa karsittiin siten, että eläimeltä huomioitiin viimeisin siemennyskerta, joka todennäköisesti oli johtanut tiineyteen.

Lopullinen aineisto yhdisteltiin näistä kolmesta tiedostosta ja se sisälsi seuraavat tiedot: emän id, poikimapäivämäärä, siemennyksessä tai astutuksessa käytetyn sonnin id, siemennyspäivämäärä, kuinka monesti eläintä oli siemennetty, siemennystapa, syntyneiden vasikoiden määrä, poikimavaikeuden aste, poikimistyyppi, poikimakerta, vasikan sukupuoli, syntymäkarja ja syntymävuosi. Aineisto rajattiin ja yhdisteltiin RStudiolla (versio 1.2.5001, © 2009–2019 Rstudio, Inc.), joka toimii käyttäjärajapintana R-ohjelmalle (versio 3.6.1, © 2019 R Foundation for Statistical Computing).

Lopulliseen aineistoon otettiin mukaan vuosina 2009-2018 syntyneet vasikat. Aineistoon jätettiin vain vasikat, joiden emien tiineys oli alkanut keinosiemennyksistä. Muilla siemennystavoilla alkunsa saaneet tiineydet poistettiin, koska aineiston tiineysaikojen keskiarvot kohosivat liian suuriksi. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että käytettäessä astutussonnia laumassa, tiineyden alkua ajankohdaksi määritetään päivämäärä, jolloin sonni lasketaan laumaan.

Mukaan aineistoon hyväksyttiin tiedot tiineyksistä, joiden pituus oli 265-305 päivää. Tämä tiineysaikojen pituuden rajausta tehtiin kirjallisuudesta saatujen tiineysaikojen hajonnan pohjalta. Aineistossa oli herefordrodun vasikoita 2883 kappaletta ja

charolaisrodun vasikoita 3370 kappaletta. Niiden vuotuiset syntymämäärät on esitetty kuvassa 1. Perinnöllisten tunnuslukujen laskentaan valittiin roduista hereford ja charolais, koska haluttiin tutkia yhtä kevyempää ja yhtä raskaampaa liharotua.

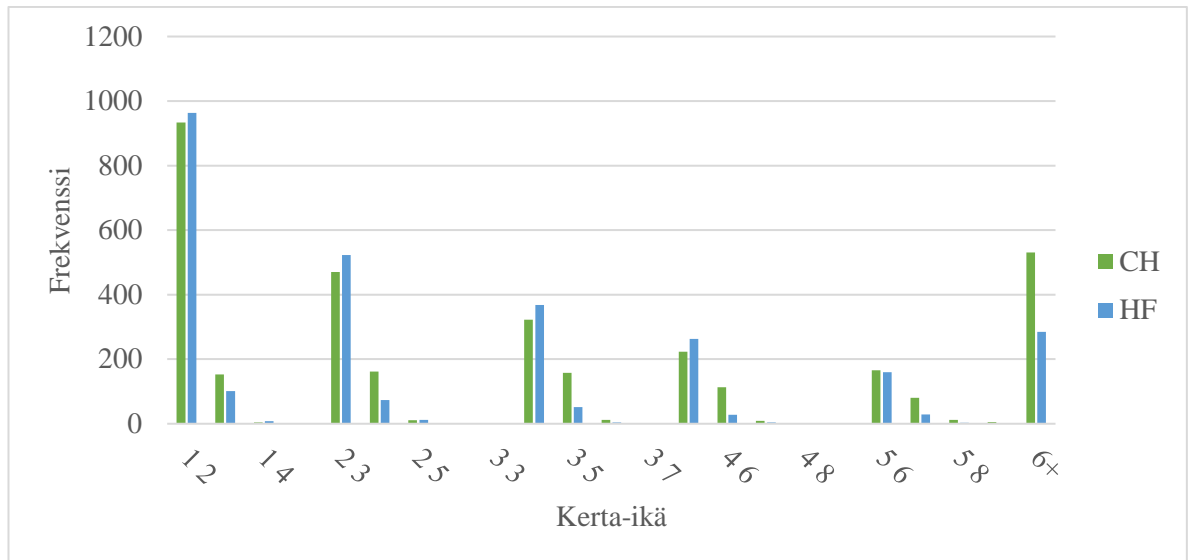


Kuva 1. Syntyneiden hereford- ja charolaisvasikoiden lukumäärät roduittain vuosina 2009-2018.

## 4.2 Menetelmät

### 4.2.1 Kiinteiden tekijöiden analyysit

Kiinteiden tekijöiden analyysia varten aineistosta muodostettiin kolme muuttujaa lisää. Nämä muuttujat olivat karja-vuosi, poikimakerta-ikä sekä poikimakausi. Karja-vuosi muuttuja muodostettiin siten, että karjanumero yhdistettiin vuoteen. Poikimakerta-ikä muuttuja muodostettiin siten, että naudalle laskettiin ikä kullakin poikimakerralla. Yli kuusi kertaa poikineet lehmät yhdistettiin yhteen luokkaan. Poikimakerta-ikä muuttujan luokkakohtaiset frekvenssit on esitetty kuvassa 2. Poikimakaudesta muodostettiin kaksi eri luokkaa, siten että kevätpoikivat lehmät olivat oma luokkansa ja toisessa olivat kaikki muulloin vuoden aikana poikivat eläimet. Lehmät, jotka olivat poikineet maaliskuuhun, laskettiin kuuluvaksi kevätpoikineiden luokkaan.



Kuva 2. Puhdasrotuisten hereford- ja charolaislehmien lukumäärät kerta-ikä tekijän havaintoluokissa.

Kiinteiden tekijöiden analyysit tehtiin SPSS-ohjelmalla (versio 25.0, IBM SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Relax2-ohjelmalla tehtiin sukupuuaaineiston muokkaus (Relax2 versio 1.65, Stranden 2014). Perinnölliset tunnusluvut laskettiin DMU-ohjelmalla AI-REML-menetelmällä (DMU versio 6, julkaisu 5.2 Madsen ja Jensen 2013).

Varianssikomponentit analysoitiin käyttämällä seuraavia tilastollisia malleja:

Malli 1:  $Y_{ijklmo} = \text{tiineydestä syntyneiden vasikoiden lukumäärä}_i + \text{sukupuoli}_j + \text{poikimakausi}_k + \text{karjavuosi}_l + \text{kertaikä}_m + \text{eläin}_o + e_{ijklmo}$

Malli 2:  $Y_{ijklmno} = \text{tiineydestä syntyneiden vasikoiden lukumäärä}_i + \text{sukupuoli}_j + \text{poikimakausi}_k + \text{karjavuosi}_l + \text{kertaikä}_m + \text{emä}_n + \text{eläin}_o + e_{ijklmno}$

Malleissa kiinteinä tekijöinä olivat:

$\text{tiineydestä syntyvien vasikoiden lukumäärä}_i = \text{vasikoiden lukumäärä tiineydessä}$

$\text{sukupuoli}_j = \text{syntyvän vasikan sukupuoli}$

$\text{poikimakausi}_k = \text{poikimakausi (k=1,2, jossa 1 = maaliskuu-huhtikuu, 2= toukokuu – helmikuu)}$

$\text{karjavuosi}_l = \text{karjan ja vuoden yhdysvaikutus}$

$kertaikä_m$  = emän iän ja poikimakerran yhdysvaikutus

Satunnaistekijöinä mallissa olivat:

$eläin_o$  = eläimen  $o$  additiivinen geneettinen vaikutus

$emä_n$  = maternaalitekijä

$eijklmn$  = jäännöstekijä

$eijklmno$  = jäännöstekijä

Periytymisasteet laskettiin käyttämällä seuraavia malleja (Mrode 2005, s.122):

Malli 1:

$$h_d^2 = \frac{\sigma_d^2}{\sigma_p^2}$$

jossa fenotyyppinen varianssi oli laskettu seuraavasti

$$\sigma_p^2 = \sigma_d^2 + \sigma_e^2$$

Malli 2:

Maternaalinen periytymisaste

$$h_m^2 = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$$

Suora periytymisaste

$$h_d^2 = \frac{\sigma_d^2}{\sigma_p^2}$$

jossa fenotyyppinen varianssi oli laskettu seuraavasti

$$\sigma_p^2 = \sigma_d^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{dm} + \sigma_e^2$$

## 5 Tulokset

### 5.1 Tiineysajan pituuden fenotyyppinen vaihtelu

Tutkittavana muuttujana oli tiineysajan pituus. Taulukossa 1 on esitetty tiineysajan pituudet, kun mukaan on hyväksytty kaikki siemennystavat. Kun kaikki siemennystavat hyväksyttiin mukaan aineistoon, tiineyden pituuden keskiarvoksi tuli herefordilla 288,6 päivää ja charolaisella 289,7 päivää. Taulukossa 2 on esitetty tiineysajan pituudet, kun mukaan on hyväksytty vain keinosiemennyksestä alkunsa saaneet tiineydet. Tällöin keskimääräinen tiineysajan pituus oli herefordilla 284,6 päivää ja charolaisella 286,8 päivää. Tulosten mukaan keskimääräinen tiineysaika piteni selvästi, kun mukana olivat kaikki tiineydet.

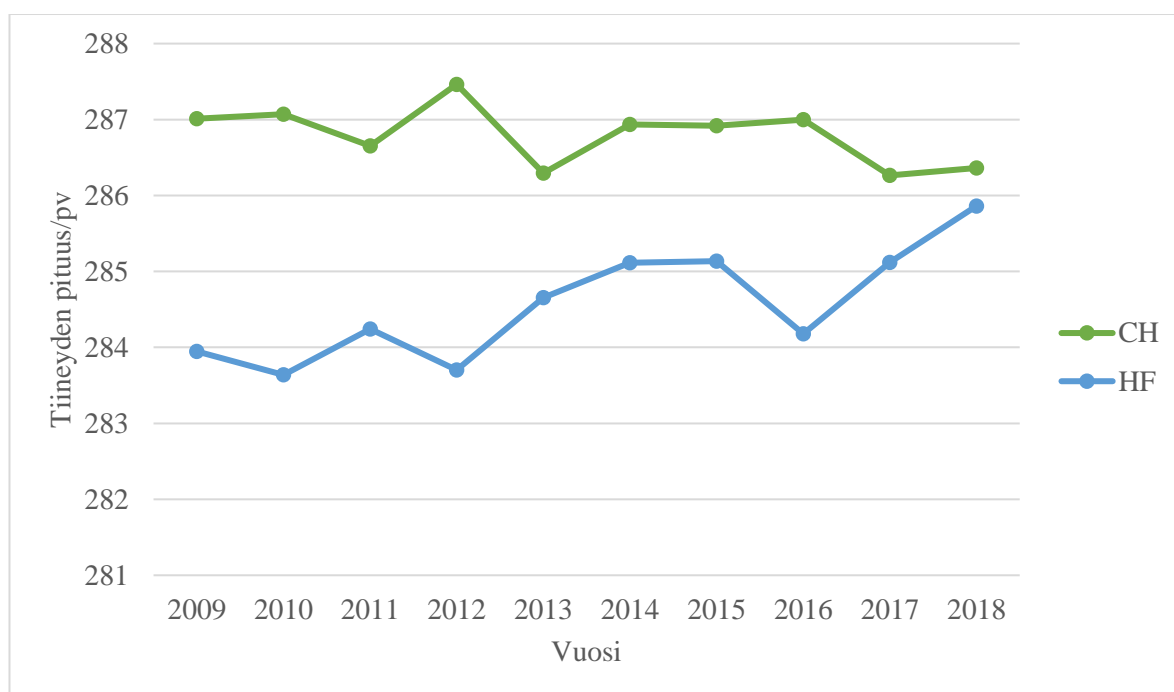
Taulukossa 1 ja 2 on esitetty myös tiineysajan pituudet kuudella eri rotukombinaatiolla. Sekä herefordilla (290,4), että charolaisella (290,3) oli taulukon 2 risteytyksistä keskimäärin pisin tiineyden pituus, kun lehmä oli siemennetty limousin-rodun sonnilla. Lyhyimmät tiineysajan pituudet saatiin risteytyksistä, joissa molemmilla roduilla oli käytetty aberdeen angusta. Tällöin herefordin tiineyden pituus oli 285,6 päivää ja charolaisen 283,3 päivää.

Taulukko 1. Tiineysajan pituuden fenotyyppiset arvot charolais- ja hereford-emille, kun mukana olivat kaikki siemennystavat.

Rotu/rotuyhdistelmä	N	Min	Max	Keskiarvo	SD
CHxHF	253	265	305	287,7	8,6
CHxCH	7944	265	305	289,7	7,9
CHxAB	436	265	305	286,5	8,1
CHxLI	270	265	305	290,8	6,6
CHxSI	226	265	305	291	7,6
CHxBA	136	265	305	290	6,4
HFxHF	7302	265	305	288,6	8,5
HFxCH	390	265	305	293	8,4
HFxAB	909	265	305	290,4	8,5
HFxLI	357	265	305	292,7	7,2
HFxSI	259	265	305	291,6	6,9
HFxBA	110	265	305	289,7	6,5

Taulukko 2. Tiineysajan pituuden fenotyyppiset arvot keinosiemennyksestä alkunsa saaneille tiineyksille charolais- ja hereford-emillä.

Rotu/rotuyhdistelmä	N	Min	Max	Keskiarvo	SD
CHxHF	98	268	305	283,5	7,0
CHxCH	3370	265	305	286,8	6,3
CHxAB	238	268	303	283,3	5,7
CHxLI	144	275	305	290,3	5,4
CHxSI	84	274	304	287,7	6,3
CHxBA	121	275	304	289,6	6,0
HFxHF	2883	265	305	284,6	6,7
HFxCH	78	267	304	285,9	6,2
HFxAB	192	267	305	285,6	8,4
HFxLI	136	265	304	290,4	6,3
HFxSI	78	265	304	287,5	6,1
HFxBA	101	270	304	289,4	5,5



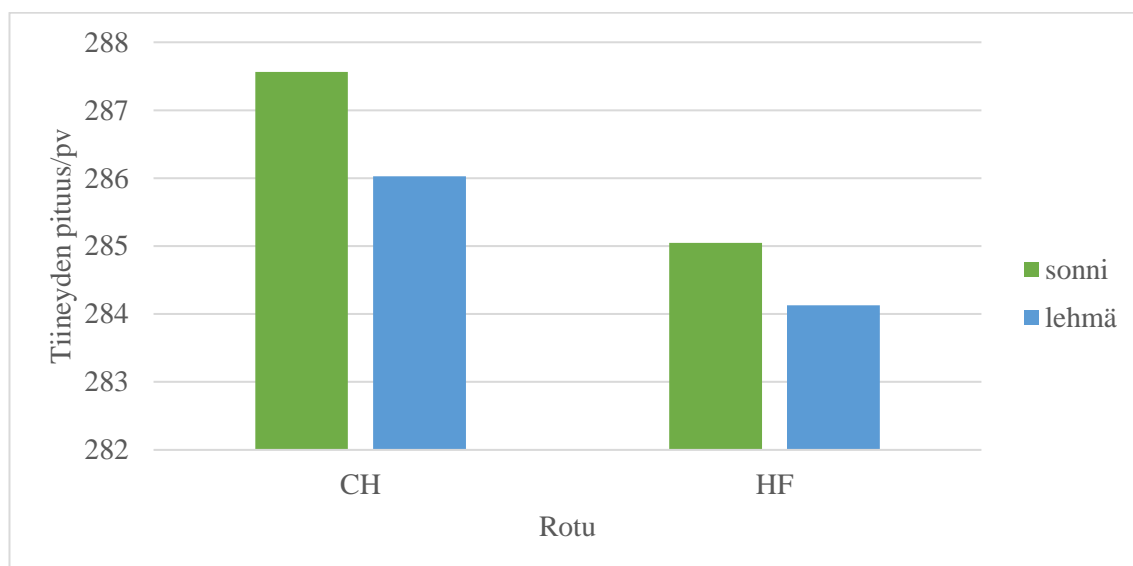
Kuva 3. Keinosiemennyksestä alkunsa saaneiden puhdasrotuisten herefordien ja charolaisten tiineysajan pituuden fenotyyppisen trendin kehitys vuosina 2009-2018.

Kuvassa 3 on esitetty herefordin ja charolaisen fenotyyppisen tiineysajan pituuden muutos vuosina 2009-2018, jotka olivat laskennassa käytettyjen vasikoiden syntymävuodet. Herefordin tiineysajan pituus on noussut vuodesta 2012 lähtien noin kahdella päivällä, kun taas charolaisen tiineysajan pituus on ollut melko tasaisesti noin 287 päivää vuodesta 2009 lähtien.

## 5.2 Havaintojen keskiarvot eri kiinteiden tekijöiden luokissa

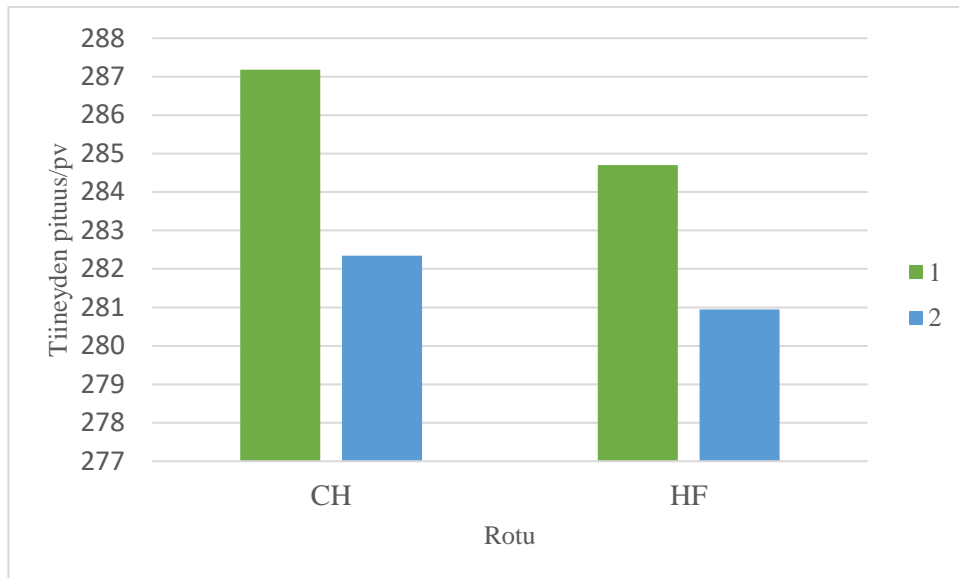
Kaikki kiinteät tekijät olivat tilastollisesti merkitseviä ( $P < 0,05$ ). Alla olevissa kuvissa on esitetty havainnollisuuden vuoksi luokkien keskiarvot, mutta kiinteiden tekijöiden LS-keskiarvot ja DMU:n BLUE-ratkaisuista lasketut luokkien väliset erot olivat samaa suuruusluokkaa.

Sekä hereford, että charolaisrotuisilla vasikoilla tiineydet, joista syntyi sonnivasikka olivat pidempiä, kuin tiineydet joista syntyi lehmävasikka (kuva 4). Kaksostiineydet olivat aineistossa molemmilla roduilla lyhyempiä kuin tiineydet, joista syntyi vain yksi vasikka (kuva 5).



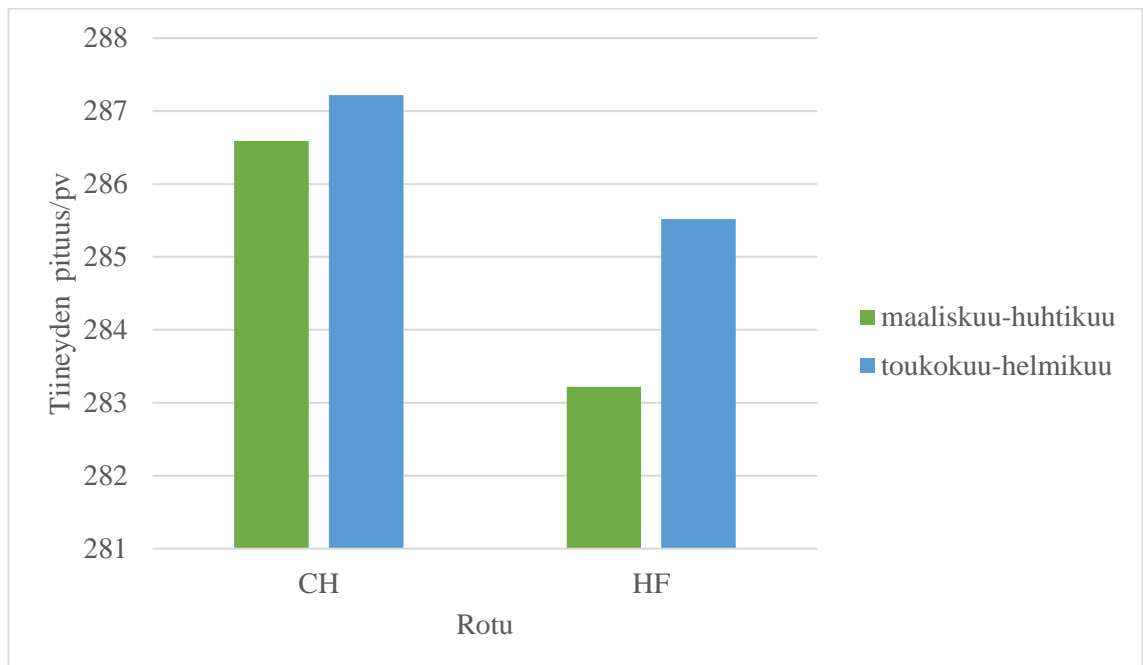
Kuva 4. Tiineysajan pituuden keskiarvot tiineydestä syntyvän vasikan sukupuolen eri luokissa.





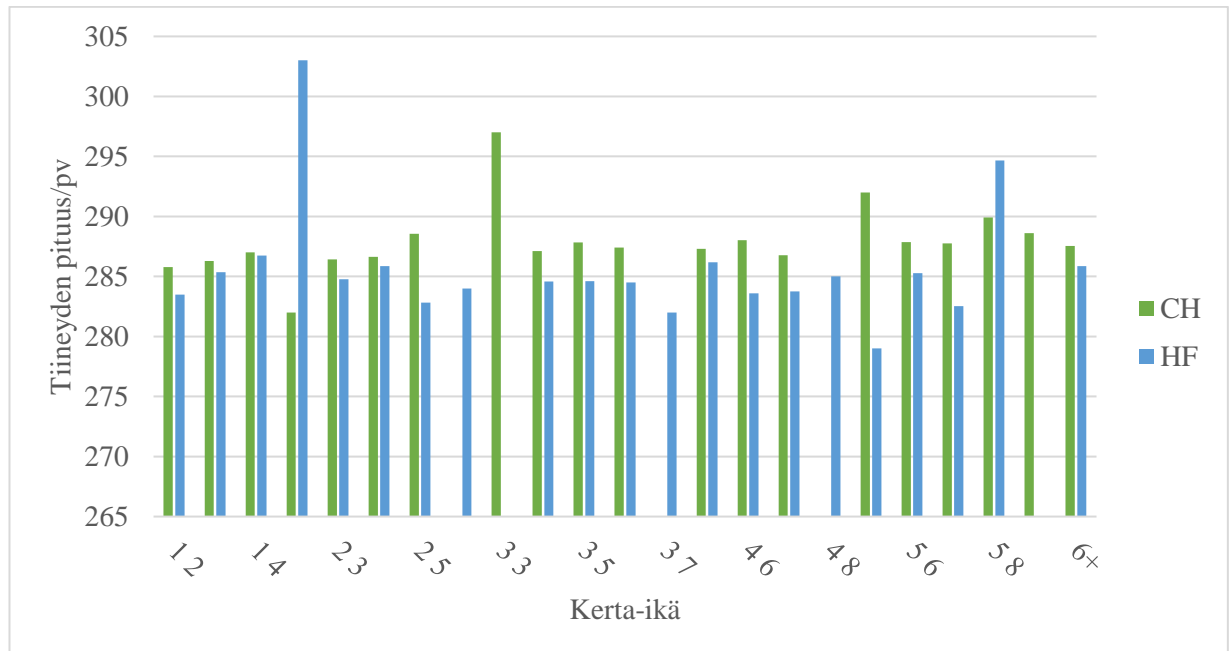
Kuva 5. Tiineysajan pituuden keskiarvot tiineydestä syntyneiden vasikoiden määrän eri luokissa.

Poikimakauden eri luokkien keskiarvoissa muuna aikana kuin maaliskuu-huhtikuussa poikineiden lehmien tiineydet olivat pidempiä (Kuva 6). Herefordilla tämä ero oli noin 2 päivää ja charolaisella 0,5 päivää.



Kuva 6. Tiineysajan pituuden keskiarvot poikimakauden eri luokissa.

Tiineysajan pituuden keskiarvot kerta-ikä yhdistelmätekijän mukaan on esitetty kuvassa 7. Tulosten perusteella voidaan havaita, että lehmän iän kasvaessa ja poikimakertojen lisääntyessä tiineysaika hieman pitenee.



Kuva 7. Tiineysajan pituuden keskiarvot poikivan lehmä iän mukaan.

### 5.3 Periytymisasteet ja varianssikomponentit

Periytymisasteiden laskentaan hyväksyttiin lopulta mukaan aineisto, jossa olivat mukana vain keinosiemennyksellä alkunsa saaneet tiineydet. Taulukossa 3 on esitetty periytymisasteet, varianssit ja keskivirheet mallissa, jossa ei ollut mukana maternaalivaikutusta. Tässä mallissa saatiin melko korkeat periytymisasteet molempien rotujen tiineysajan pituudelle keskivirheiden ollessa matalia. Kun malliin lisättiin mukaan maternaalivaikutus (taulukko 4), suora periytymisaste oli alhaisempi. Maternaaliset periytymisasteet olivat korkeita, charolaisella 0,75 ja herefordilla jopa 0,99.

Herefordin ja charolaisen välillä ei ollut varianssien suhteen suuria eroja. Herefordin maternaalimallista saatuihin tuloksiin joudutaan suhtautumaan kriittisesti, koska niitä laskettaessa DMU:lla ongelmaksi muodostui parametrien estimaattien kasvaminen niin korkeiksi, ettei niitä voitu hyväksyä. Aineistossa oleva informaatio ei riittänyt ajon konvergoitumiseen asetettujen suppenemiskriteerien mukaisesti ja varianssikomponenttien estimaatit vaihtelivat huomattavasti loppuun asti. Ongelma

ratkaistiin pakottamalla herefordin DMU-ajossa kovarianssi samaksi kuin charolaisella, jolloin saatiin laskettua periytymisasteet, mutta ei kovarianssia. Ilman kovarianssin pakottamista charolaisen kovarianssiin, tuloksena oli suoran ja maternaalin välinen korrelaatio  $>1$ , joka ei ole sallitun parametrialueen sisällä. Varianssikovarianssimatriisin tulee olla positiivis-definiitiivinen, mikä ei ollut lopputuloksena herefordin DMU-ajoissa (Searle ja Khuri 2017, s. 202). Konvergenssiongelma yritettiin ratkaista myös siten, että molempien rotujen aineistot yhdistettiin samaan aineistoon ja malliin lisättiin rotuvaikutus. Tästä aineistosta yritettiin laskea periytymisasteet. Herefordin ja charolaisen aineistojen yhdistäminen ei kuitenkaan auttanut ongelmaan.

Taulukko 3. Herefordin ja charolaisen tiineydenajan pituuden periytymisasteet ja keskivirheet.

	N	$\sigma_d^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h_d^2$	SE
Hereford	2872	25,89	10,20	36,08	0,72	0,04
Charolais	3363	19,30	15,41	34,71	0,56	0,05

Taulukko 4. Herefordin ja charolaisen tiineydenajan pituuden varianssikomponentit ja periytymisasteet, kun mukana on maternaalivaikutus. d = suora geneettinen vaikutus ja m= maternaalinen vaikutus.

	N	$\sigma_d^2$	$\sigma_m^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_{dm}$	$\sigma_p^2$	$h_d^2$	SE	$h_m^2$	SE
Hereford:	2871	7,30	34,27	1,73	-8,67	34,63	0,21	0,03	0,99	0,11
Charolais:	3362	8,36	27,58	8,99	-8,32	36,60	0,23	0,05	0,75	0,19

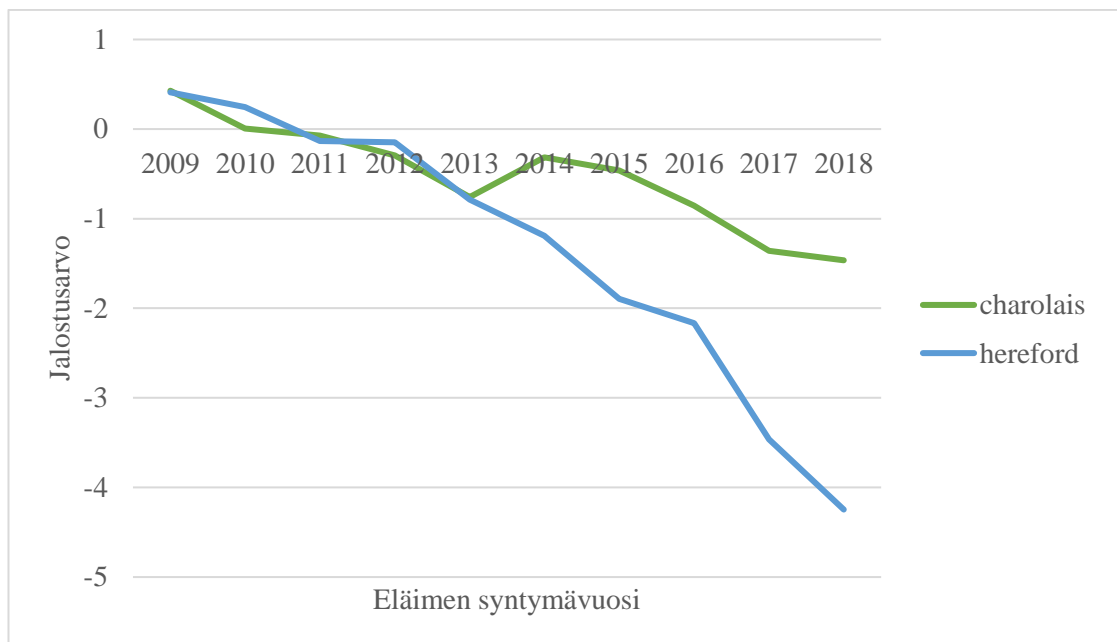
#### 5.4 Geneettiset korrelaatiot

Charolaisella suoran ja maternaalivaikutuksen geneettinen korrelaatio oli negatiivinen -0,55. Keskivirhe oli 0,10, joten tulosta voidaan pitää luotettavana. Herefordilla korrelaatio oli sama kuin charolaisella, koska herefordin korrelaatio jouduttiin kiinnittämään maternaalimallissa charolaisen tulokseen (-0,55), jotta herefordille saatiin estimoitua varianssienparametrit.

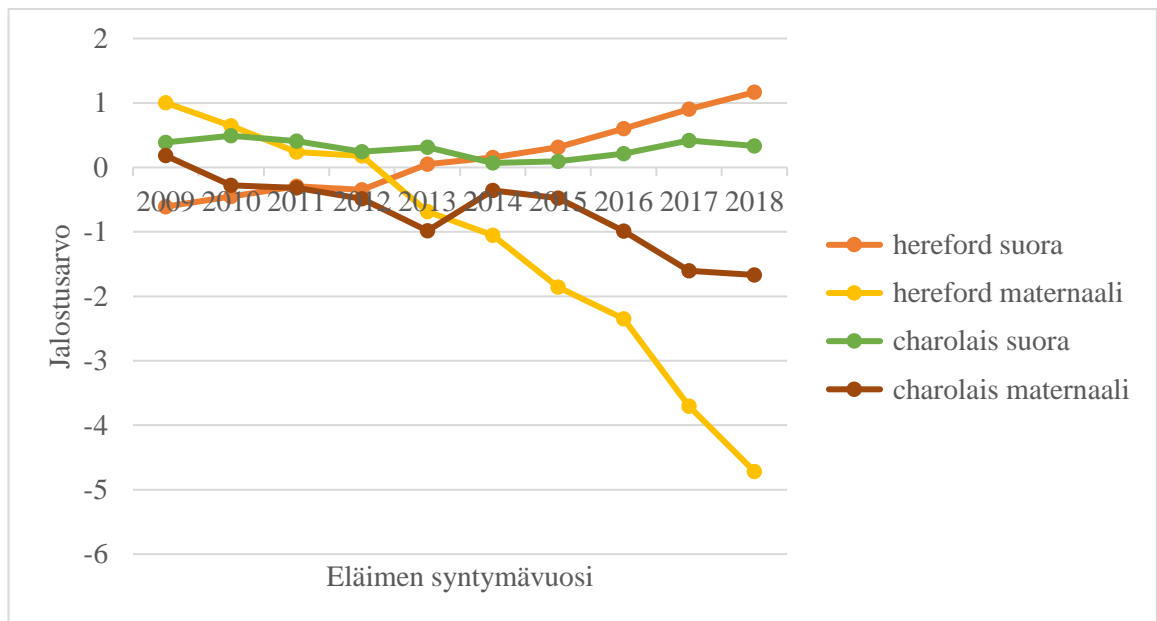
#### 5.4 Geneettinen trendi

Kuvassa 8 on eläinaineksen geneettinen trendi eli jalostusarvojen muutos vuosina 2009-2018 mallista, jossa oli huomioitu vain eläimen additiivinen geneettinen vaikutus.

Molempien rotujen geneettinen trendi on laskenut, mutta herefordilla voimakkaammin (kuva 8). Kuvassa 9 on eläinaineksen geneettinen trendi mallista, jossa oli huomioitu myös maternaalivaikutus. Trendissä on huomioitu samojen eläinten tulokset kuin perinnöllisten tunnuslukujenkin laskennassa. Herefordin tiineysajan pituuden suora geneettinen trendi on ollut jatkuvassa nousussa samaan aikaan, kun maternaalinen geneettinen trendi on laskenut voimakkaasti (kuva 9). Charolaisella suora geneettinen trendi on pysynyt melko muuttumattomana, kun taas maternaalinen geneettinen trendi on laskenut viime vuosina (kuva 9).



Kuva 8. Herefordin ja charolaisen tiineysajan pituuden geneettisen trendin kehitys vuosina 2009-2018.



Kuva 9. Herefordin ja charolaisen tiineysajan pituuden geneettisen trendin kehitys maternaalimallin mukaan vuosina 2009-2018.

## 6 Tulosten tarkastelu

### 6.1 Fenotyyppisten tulosten tarkastelu

Käytetystä datasta voitiin luotettavasti käyttää vain tiineydet, jotka olivat saaneet alkunsa keinosiemennyksestä. Muiden siemennystapojen luotettavuudesta ei voida olla varmoja, koska kaikkien siemennystapojen ollessa mukana aineistossa tiineydet olivat keskimäärin jopa useita päiviä pidempiä. Siksi seuraavassa tulosten tarkastelussa käytettiin vain keinosiemennyksestä alkunsa saaneita tiineyksiä.

Tutkimuksessa laskettiin keskiarvot saadusta aineistosta herefordin ja charolaisen tiineysajan pituudelle. Charolaisen tiineys ( $286,8 \pm 6,3$ ) oli keskimäärin noin kaksi päivää pidempi kuin herefordilla ( $284,6 \pm 6,7$ ). Keskihajonnat olivat melko suuria mikä johtui todennäköisesti aineiston pienestä koosta. Saadut keskiarvot tiineysajan pituudelle olivat saman suuntaisia aiemmissä tutkimuksissa saatujen tulosten kanssa. Crewsin (2006) tutkimuksessa tiineyden keskimääräinen pituus charolaisella oli  $285,2 \pm 4,49$  päivää ja Mujibin ja Crewsin (2009) tutkimuksessa tiineyden pituus charolaisella oli  $286 \pm 4,93$  päivää.

Bourdonin ja Brinksin (1982) tutkimuksessa tiineydet, joista syntyi herefordrotuinen sonnivasikka olivat pituudeltaan  $285,9 \pm 0,5$  päivää ja tiineydet, joista syntyi lehmävasikka

olivat pituudeltaan  $284,3 \pm 0,5$  päivää. Myös Crewsin (2006) tutkimuksessa, joka tehtiin charolaisella, tiineydet, joista syntyi sonnivasikka, olivat keskimäärin 1,26 päivää pidempiä. Crewsin (2006) tutkimuksessa keskimääräinen tiineysajan pituus charolaisella oli 285,2 päivää ja se vaihteli 274 ja 296 päivän välillä. Samansuuntaisia tuloksia saatiin myös tässä tutkimuksessa.

Kuten aiemmissakin tutkimuksissa myös tässä tutkimuksessa havaittiin tiineyksien, joista syntyi kaksosvasikat olevan lyhyempiä kuin yhden vasikan tiineyksien (Echternkamp 2007). Useissa tutkimuksissa poistettiin kaksostiineydet datasta. Tässäkin tutkimuksessa niitä oli melko vähän, herefordilla 76 kappaletta ja charolaisella 262 kappaletta.

Tässä tutkimuksessa lehmät oli jaettu poikimakauden perusteella vain kahteen ryhmään, koska Suomessa suurin osa lihakarjasta on kevätpoikivaa. Tuloksista voitiin kuitenkin havaita, että tiineydet olivat pidempiä lehmillä, jotka poikivat muuna aikana kuin maaliskuuhuhtikuussa. Tulosten perusteella voidaan siis olettaa, että kuten aiemmissakin tutkimustuloksissa kevätpoikivien lehmien tiineydet ovat pituudeltaan lyhyempiä kuin talvipoikivilla (Andersen ja Plum 1965).

Tämän tutkimuksen perusteella ei voitu havaita lehmän iän vaikuttavan merkittävästi tiineysajan pituuteen. Emän iän vaikutuksista tiineysajan pituuteen on saatu aiemmissa tutkimuksissa ristiriitaisia tuloksia. Crews (2006) havaitsi charolaisella tekemässään tutkimuksessa, että lehmän iän kasvaessa myös sen tiineydet pitenivät hieman. Kuitenkin 11-vuotiailla emillä tiineyden pituudet kääntyivät laskuun. Myös Bourdonin ja Brinksin (1982) herefordeille tekemässä tutkimuksessa havaittiin lehmän iän kasvaessa myös sen tiineyksien pitenevän, mutta tiineydenpituuden kuitenkin tasaantuvan 11 ikävuodesta lähtien. Tässä tutkimuksessa oli melko vähän yli kuusi kertaa poikineita emiä, joten kuusi kertaa poikineet ja sitä vanhemmat lehmät yhdistettiin samaan ryhmään.

## 6.2 Periytymisasteiden ja varianssikomponenttien tarkastelu

Tutkimuksessa lasketut periytymisasteet poikkesivat jonkin verran aiemmissa tutkimuksissa saaduista tuloksista. Suora tiineysajan pituuden periytymisaste ilman maternaalivaikutuksen ottamista huomioon mallissa nousi melko korkeaksi molemmilla roduilla.

Koska DMU-ajossa herefordin kovarianssi jouduttiin kiinnittämään charolaisen tuloksista saatuun kovarianssiin, joudutaan herefordin tuloksiin suhtautumaan kriittisesti. Tämän ongelman pystyisi korjaamaan lisäämällä aineistoa ja parantamalla sen laatua. Suomessa lihakarjalla yksittäisen rodun populaatio on kuitenkin melko pieni, joten myös tämän kaltainen aineiston lisääminen olisi haastavaa.

Crews (2006) laski charolaisen tiineysajan pituuden periytymisasteita erilaisia malleja käyttäen ja tutkimuksessa suora periytymisaste charolaisen tiineysajan pituudelle oli korkea: 0,61-0,64. Maternaaliset periytymisasteet olivat eri malleissa 0,01-0,09. Tässä tutkimuksessa charolaisen suora periytymisaste oli 0,56 ilman maternaalivaikutuksen huomiointia ja maternaalivaikutuksen huomioivassa mallissa vain 0,23. Maternaalinen periytymisaste nousi charolaisella korkeaksi (0,75).

Bourdonin ja Brinksin (1982) tutkimuksessa herefordeille suora periytymisaste tiineysajan pituudelle oli sonnivasikoilla  $0,36 \pm 0,10$  ja lehmävasikoilla  $0,37 \pm 0,11$ . Tässä tutkimuksessa herefordille suora periytymisaste oli 0,72 ilman maternaalivaikutuksen huomiointia mallissa. Kun maternaalivaikutus oli mallissa mukana, suora tiineysajan periytymisaste oli 0,21 ja maternaalinen periytymisaste 0,99.

### **6.3 Geneettisten korrelaatioiden tarkastelu**

Mujibin ja Crewsin (2009) tutkimuksessa geneettiset korrelaatiot suoran ja maternaalisen periytymisasteen välillä charolaisen tiineysajan pituudelle oli tilastollisesti merkitsevä ja negatiivinen ( $-0,36 \pm 0,06$ ). Tässäkin tutkimuksessa charolaisen geneettinen korrelaatio suoran ja maternaalisen periytymisasteen välillä oli negatiivinen ( $-0,55 \pm 0,10$ ).

### **6.4 Geneettisen trendin tarkastelu**

Tutkimuksessa tarkasteltiin tiineysajan pituuden geneettisiä trendejä ajanjaksolta 2009-2018. Pidemmän aikavälin tarkastelussa muutokset olisivat tulleet paremmin esiin. Mujibi ja Crews (2009) laskivat geneettisen trendin charolaiselle ajalla 1979-2004. Sen mukaan charolaisen suora tiineysajan pituuden geneettinen trendi oli laskenut vuodesta 1990 lähtien, mutta maternaalinen geneettinen trendi pysyi hyvin tasaisena. Suoran geneettisen trendin laskeminen johtuu Mujibin ja Crewsin (2009) mukaan siitä, että syntyvän vasikan painoa pyrittiin pienentämään jalostusvalinnalla. Tässä tutkimuksessa havaittiin charolaisen suoran geneettisen trendin pysyvän tasaisena, mutta kuten Mujibin

ja Crewsin (2009) tutkimuksessa, havaittiin, että maternaalinen geneettinen trendi oli laskussa.

## 7 Johtopäätökset

Tämän tutkielman tavoitteena oli tutkia tiineysajanpituuteen vaikuttavia tekijöitä lihakarjalla. Tavoitteena oli laskea fenotyyppiset tiineysajan pituudet sekä perinnöllisiä tunnuslukuja herefordille ja charolaiselle. Tutkielmassa myös tarkasteltiin suomalaisen lihakarja-aineiston soveltuvuutta tämän kaltaiseen laskentaan.

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta lihakarjan tiineysajan pituuden arvioinnin olevan haastavaa tapauksissa, joissa laumassa käytetään astujasonnia, koska silloin tiineyden alkuajankohta on vain pelkkä arvio, joka voi heittää useallakin päivällä. Tarkempia tuloksia saadaan, kun käytetään aineistoa, jossa tiineys on saanut alkunsa keinosiemennyksestä. Tämä karsii kuitenkin aineiston melko pieneksi, koska lihakarjalla astujasonnin käyttö laumassa on varsin yleistä. Tutkimuksessa havaittiin myös, että liian pieni aineisto aiheuttaa ongelmia, mikäli halutaan tutkia suorien ja maternaalisten ominaisuuksien periytyvyyttä. Suomalaiset lihakarja rotujen populaatiot ovat tähän tarkoitukseen haasteellisia kokonsa vuoksi.

Emän ja vasikan rodut vaikuttavat tiineysajan pituuteen jopa päivillä. Liharotuisten eläinten tiineydet kestävät pidempään kuin lypsyrotuisilla. Mitä raskaammasta rodusta on kysymys, sitä pidempi tiineysaika on. Kaksostiineydet lyhentävät tiineysajan pituutta jopa useilla päivillä. Emän iän ja poikimakertojen lisääntyessä tiineysaika pitenee hieman. Suomessa lihakarjan poikimakausi ajoittuu yleensä kevääseen, jolloin tiineyden pituus on vuodenajan puolesta lyhyempi.

Emän vaikutus tulee ottaa huomioon arvioitaessa tiineysajan pituutta ja laskettaessa periytymisasteita, joskin vaikutus ei ole niin suuri kuin sikiön. Tämän perusteella voidaan siis päätellä, että jalostuksella pystytään vaikuttamaan tiineysajan pituuteen. Valinnassa voitaisiin käyttää sonneja, jotka periyttävät lyhyempää tiineyttä. Lyhentämällä tiineyden pituutta voitaneen vaikuttaa poikimavaikeuksiin, sillä pidemmän tiineyden on todettu lisäävän vasikan syntymäpainoa ja suuremman syntymäpainon lisäävän vaikeuksia poikimisessa.



Tämänhetkisen fenotyyppisen tarkastelun perusteella vaikuttaa siltä, että herefordin tiineysajan pituus olisi nousussa, kun charolaisella se on pysynyt melko muuttumattomana. Mahdollinen selitys herefordin tiineysajan pituuden kasvulle on vasikoiden syntymäpainon kasvu. Tutkimusta voitaisiin jatkaa tarkastelemalla tiineysajan pituuden ja poikimavaikeuksien yhteyttä.

## **KIITOKSET**

Haluan kiittää ohjaajaani kotieläinten jalostustieteen dosentti Jarmo Jugaa hyvästä ohjauksesta tänä hieman opiskelunkin kannalta haasteellisena aikana. Faba osuuskuntaa haluan kiittää mielenkiintoisesta aiheesta ja aineistosta. Kiitos äidilleni, joka jaksaa aina tukea minua haaveissa ja haasteissakin. Kaikille opiskelukavereilleni ja ystäville kiitokset yhteisistä vuosista ja teiltä saadusta vertaistuesta.

## LÄHTEET

- Andersen, H. & Plum, M. 1965. Gestation length and birth weight in cattle and buffaloes: a review. *Journal of Dairy Science*. 48(9): 1224-1235.
- Bourdon, R. M. 1982. Genetic, environmental and phenotypic relationships among gestation length, birth weight, growth traits and age at first calving in beef cattle. *Journal of animal science*. 55(3): 543-553.
- Casas, E., Thallman, R. M. & Cundiff, L. V. 2012. Birth and weaning traits in crossbred cattle from Hereford, Angus, Norwegian Red, Swedish Red and White, Wagyu, and Friesian sires. *Journal of animal science*. 90(9): 2916-2920.
- Crews, D. H. Jr. 2006. Age of dam and sex of calf adjustments and genetic parameters for gestation length in Charolais cattle. *Journal of Animal Science*. 84(1): 25-31.
- Echternkamp, S. E. & Gregory K. E. 1999. Effects of twinning on gestation length, retained placenta, and dystocia. *Journal of Animal Science*. 77(1): 39-47
- Echternkamp, S. E., Thallman, R. M., Cushman, R. A., Allan, M. F. & Gregory, K. E. 2007. Increased calf production in cattle selected for twin ovulations. *Journal of Animal Science*. 85(12): 3239-3248.
- Fouz, R., Gandoy, F., Sanjuan, M. L., Yus, E. & Dieguez F. J. 2012. The use of crossbreeding with beef bulls in dairy herds: effects on calving difficulty and gestation length. *Animal*. 7(2): 211-215.
- Haile-Mariam, M. & Pryce, J. E. 2019. Genetic evaluation of gestation length and its use in managing calving patterns. *Journal of Dairy Science*. 102(1): 476-487.
- King, K. K., Seidel, G. E. Jr. & Elsdon, R. P. 1985. Bovine embryo transfer pregnancies. II. Lengths of gestation. *Journal of Animal Science*. 61(4): 758-762.
- Kirkpatrick, B.W. 1999. *Genetics of Reproduction in Cattle*. Teoksessa: Fries, R. & Ruvinsky, A. (toim.). *The Genetics of Cattle*. 1. painos. Wallingford, UK: CABI. s.397-400.
- Knott, J. C. 1932. A study of the gestation period of holstein-friesian cows. *Journal of Dairy Science*. 15(2): 87-98.
- Mrode, R. A. 2005. *Linear Models for The Prediction of Animal Breeding Values*. 2. painos. Trowbridge: UK: CABI Publishing, Cronwell Press. 344 s.
- Mujibi, F. N. & Crews Jr. D. H. 2009. Genetic parameters for calving ease, gestation length, and birth weight in Charolais cattle. *Journal of Animal Science*. 87(9): 2759-2766.
- Nogalski, Z. & Piwczyński, D. 2012. Association of length of pregnancy with other reproductive traits in dairy cattle. *Journal of Animal Science*. 25(1): 22-27.

- Norman, H. D., Wright, J. R., Kuhn, M. T., Hubbard, S. M., Cole, J. B. & VanRaden, P. M. 2009. Genetic and environmental factors that affect gestation length in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 92(5): 2259-2269.
- Searle, S. L. & Khuri, A. I. 2017. *Matrix algebra useful for statistics*. 2. painos. New York, USA: John Wiley Sons Inc. 514 s.
- Tubman, L. M., Brink, Z., Suh, T. K. & Seidel, G. E. 2004. Characteristics of calves produced with sperm sexed by flow cytometry/cell sorting. *Journal of Animal Science*. 82(4): 1029-1036.
- Wray, N. R., Quaas, R. L. & Pollak, E. J. 1987. Analysis of gestation length in American simmental cattle. *Journal of Animal Science*. 65(4): 970-974.